

PÉRDIDA DE COBERTURA Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO GUÍNEAL

LOSS OF ECOSYSTEM COVER AND SERVICES IN THE GUINEAL RIVER MICRO-BASIN

Ariel Steeven González Barrezuela ^{1*}

¹ Estudiante en la Carrera de Ing. Forestal, Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0971-008X> . Correo: gonzalez-ariel2603@unesum.edu.ec

Shuguey Elizabeth Choez Jiménez²

² Estudiante en la Carrera de Ing. Forestal, Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1501-8783> . Correo: choez-shuguey5489@unesum.edu.ec

Luis Fernando Lucio Villacreses ³

³ Docente en la Carrera de Ing. Forestal, Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, Universidad Estatal del Sur de Manabí. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3757-7183> . Correo: luis.lucio@unesum.edu.ec

Henry Luis Mezones Santana ⁴

⁴ Maestría en Educación Instituto de Posgrado Universidad Estatal del Sur de Manabí. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2328-7844>. Correo: henry.mezones@unesum.edu.ec

*** Autor para correspondencia: gonzalez-ariel2603@unesum.edu.ec**

Resumen

La cuenca del río Guineal, situada en Manabí, Ecuador, constituye un sistema socio-ecológico esencial por los servicios ecosistémicos que brinda, como la regulación hídrica, la provisión de agua y la conservación de la biodiversidad. No obstante, en las últimas décadas ha sufrido una acelerada transformación del uso del suelo, impulsada por la expansión agrícola, ganadera y la deforestación. El estudio realizado tuvo como propósito evaluar la pérdida de cobertura vegetal y sus repercusiones en los servicios ecosistémicos entre 1990 y 2022, mediante análisis de coberturas terrestres, climogramas y caracterización físico-ambiental de la microcuenca. La metodología incluyó el uso de QGIS para identificar cambios en el uso del suelo con datos del Instituto Geográfico Militar, además de la construcción de un climograma con información de temperatura y precipitación obtenida de *Google Earth Pro*. Los resultados evidencian una pérdida acumulada de 833,05 ha de bosque nativo y un incremento de 3.690,61 ha en tierras agropecuarias. Este proceso ha reducido la capacidad de la cuenca para proteger la biodiversidad y regular el ciclo del agua. El climograma mostró un aumento leve de la temperatura media anual (0,15 °C por año) y una precipitación estable, aunque con



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)

E-mail: revista.alcance@unesum.edu.ec

variaciones interanuales, lo que refleja una creciente variabilidad climática que amenaza la agricultura y la disponibilidad de agua. En consecuencia, los servicios de provisión, soporte, regulación y culturales de la microcuenca se encuentran en riesgo.

Palabras clave: análisis multitemporal, información geográfica, variabilidad climática.

Abstract

The Guineal River basin, located in Manabí, Ecuador, is a socio-ecological system that provides crucial ecosystem services such as water regulation, supply, and biodiversity conservation. However, in recent decades the area has undergone rapid land-use transformation driven by agricultural expansion, livestock activities, and deforestation. The main objective of the study was to evaluate the loss of vegetation cover and its impact on ecosystem services between 1990 and 2022, through land cover analysis, climograms, and the physical-environmental characterization of the micro-basin. The methodology included the use of Geographic Information Systems software (QGIS) to identify geographic location and analyze land-use changes based on data from the Military Geographic Institute of Ecuador. For climate analysis, temperature and precipitation data were downloaded from Google Earth Pro to construct a climogram. Results show a cumulative loss of 833.05 ha of native forest between 1990 and 2022, while agricultural lands increased by 3,690.61 ha during the same period. This shift reduced the basin's capacity to protect biodiversity and regulate the water cycle. The climogram revealed a slight increase in mean annual temperature (0.15 °C per year) and relatively stable precipitation with interannual variations, suggesting growing climate variability that threatens agriculture and water availability. Consequently, provisioning, supporting, regulating, and cultural services of the micro-basin are at risk.

Keywords: multitemporal analysis, geographic information, climate variability.

Recibido: 20/10/2025

Aceptado: 26/11/2025

Publicado 15/12/2025

Introducción

La pérdida de cobertura vegetal en las microcuencas constituye uno de los principales problemas ambientales a nivel mundial, pues afecta directamente la provisión de servicios ecosistémicos esenciales como la regulación hídrica, la conservación de la biodiversidad y el suministro de agua limpia. En Ecuador, este fenómeno se ha intensificado debido a la expansión agrícola, la ganadería y la deforestación, generando impactos significativos en la capacidad de los ecosistemas para sostener medios de vida rurales y garantizar la resiliencia ambiental (MAATE, 2021).



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)

E-mail: revista.alcance@unesum.edu.ec

Diversos estudios han abordado esta problemática en distintas regiones del país. Por ejemplo, Ríos Galarraga (2019) evidenció en la cuenca del río Coca una disminución de la calidad del hábitat y alteraciones en los flujos ecológicos como consecuencia de la pérdida de cobertura forestal. De manera similar, Baque et al. (2021) señalaron que la transformación del uso del suelo en microcuencas ecuatorianas ha reducido la capacidad de regulación hídrica y la protección de la biodiversidad. Estos antecedentes permiten suponer que la microcuenca del río Guineal, ubicada en la parroquia Noboa del cantón 24 de Mayo, provincia de Manabí, enfrenta procesos de degradación ambiental que comprometen sus servicios ecosistémicos.

Ante esta situación, surgen interrogantes clave: ¿cuál ha sido la magnitud de la pérdida de cobertura vegetal en la microcuenca del río Guineal entre 1990 y 2022?, ¿cómo se relaciona esta transformación con la variabilidad climática y la provisión de servicios ecosistémicos?, ¿qué implicaciones socioambientales se derivan de estos cambios? Estas preguntas orientaron el presente trabajo, cuyo objetivo principal fue evaluar la pérdida de cobertura vegetal y su impacto en los servicios ecosistémicos de la microcuenca del río Guineal en el período señalado.

El estudio se desarrolló bajo un enfoque histórico-lógico y descriptivo, complementado con análisis multitemporal de coberturas terrestres mediante Sistemas de Información Geográfica (QGIS) y la construcción de climogramas con datos de temperatura y precipitación. Este enfoque metodológico permitió caracterizar la dinámica físico-ambiental de la microcuenca y comprender cómo las presiones antrópicas y el cambio climático han alterado su funcionalidad ecológica. La investigación se justifica en la necesidad de generar información científica que sustente estrategias de conservación, restauración y manejo sostenible, en concordancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 6, 13 y 15), garantizando así la resiliencia socioecológica de la región.

Materiales y métodos

Los métodos utilizados en la investigación fueron los siguientes:

- Histórico – Lógico: este método se utilizó con la finalidad de revisar y sistematizar información de forma cronológica en la presente investigación.
- Análisis – Síntesis: este método facilitó el análisis de las tablas de atributo generadas en el tratamiento de la información geoespacial.
- Descriptivo: este método se utilizó para describir los cambios de uso de suelo entre el año 1990 y 2022 y los servicios ecosistémicos en el área de estudio.
- Estadístico: este método fue utilizado para el tratamiento de los datos y presentación de resultados.

Los materiales utilizados fueron, artículos científicos para revisión y sistematización de información, Excel para la sistematización de datos y la cartografía digital disponible del Instituto Geográfico Militar (IGM) correspondiente a los años 1990 – 2014 – 2016 – 2018 – 2022. El análisis geoespacial multitemporal se realizó en el Software libre QGIS versión 3.40.8 bajo el siguiente procedimiento:



1. Delimitación del área de estudio. Se descargaron las capas vectoriales de cobertura y uso del suelo para los años 1990, 2014, 2016, 2018 y 2022 desde la plataforma oficial del Instituto Geográfico Militar del Ecuador (IGM). Estas capas contienen información temática sobre la cobertura terrestre a nivel nacional, en formato Shapefile (shp) y en proyección UTM WGS84 Zona 17S (EPSG: 32717). Esta metodología es ampliamente utilizada en estudios de cambio de uso y cobertura del suelo en el país, ya que permite obtener datos geoespaciales de alta precisión (Baque et al., 2021).
2. El área de estudio corresponde a la microcuenca del río Guineal, ubicada dentro de la parroquia Noboa. Para su delimitación se utilizó un shapefile de microcuencas previamente definido. Esta capa fue utilizada como polígono de recorte para las coberturas temáticas, siguiendo metodologías similares aplicadas por Guerrero-Casallas et al. (2020), quienes recomiendan el uso de unidades hidrográficas predefinidas como base para análisis espaciales.
3. Corrección y validación de geometrías antes de aplicar cualquier operación espacial, se ejecutó una verificación y corrección de geometrías en todas las capas de cobertura, mediante herramientas específicas de QGIS. Este algoritmo intenta crear una representación válida de una geometría no válida sin perder ninguno de los vértices de entrada. Las geometrías que ya sean válidas se devuelven sin modificación. Esta técnica es sugerida por el equipo de documentación de QGIS (QGIS Documentation Team, 2022) para evitar errores en análisis posteriores.
4. Intersección y disolución de polígonos cuando fue necesario consolidar o fusionar categorías similares, se aplicaron las siguientes herramientas: el algoritmo de intersección, que extrae las partes coincidentes de los objetos espaciales de las capas de entrada y superposición; y el de disolver, que une objetos con atributos comunes eliminando linderos innecesarios. Estas técnicas son fundamentales para limpiar y estructurar adecuadamente la información espacial (Congedo, 2021).
5. Clasificación temática dado que las categorías de cobertura pueden variar entre años y fuentes, se llevó a cabo un proceso de reclasificación temática, homogeneizando las clases en las siguientes categorías estandarizadas: bosque, cuerpos de agua, zonas agropecuarias, vegetación secundaria y zonas antrópicas. Esta reclasificación facilita la comparación multitemporal, tal como recomiendan Chebet et al. (2020) en estudios urbanos y rurales.
6. Análisis visual y comparación multitemporal, se realizaron análisis visuales comparativos para identificar las dinámicas espaciales de uso del suelo, observando cambios en la extensión de áreas boscosas, incremento de zonas agropecuarias y antrópicas, presencia y expansión de vegetación secundaria, y dinámica de cuerpos de agua. Esta metodología, basada en la comparación visual de capas por año, ha sido utilizada en trabajos como el de Bocco et al. (2010), quienes resaltan su utilidad en la interpretación de procesos socioambientales.
7. Representación cartográfica. Se aplicó un estilo uniforme de colores a las capas de cobertura consolidada, manteniendo la misma paleta cromática en todas las fechas para facilitar la interpretación visual. Las salidas cartográficas fueron acompañadas de leyendas, escalas y coordenadas normalizadas al sistema EPSG:32717.



8. Finalmente se realizaron tablas de Excel que permitió la generación de gráficos que muestran la curva de tendencia sobre la pérdida de bosque y el incremento de la tierra agropecuaria. En cada caso se presenta la ecuación matemática predictora con el valor de R^2 para evidenciar su nivel de confiabilidad.

Análisis climático de la microcuenca del río Guineal

Para obtener los datos climáticos históricos de la microcuenca se utilizó *Google Earth Pro* con un archivo KML de su delimitación geográfica, sobre el cual se integró la capa “*Five-Degree Blocks of Cells*”. Desde los enlaces interactivos generados, se descargaron series mensuales de temperatura media y precipitación acumulada de los últimos 30 años. Los datos se procesaron en Microsoft Excel para calcular promedios anuales y mensuales, y se elaboró un climograma que refleja la dinámica térmica e hídrica del área, constituyendo un insumo clave para el diagnóstico ambiental y la planificación del manejo integral de la cuenca.

Curva hipsométrica del río Guineal

La elaboración de la curva hipsométrica se realizó en el software QGIS 3.40.8, utilizando el modelo digital de elevación (MDE) del área de estudio. Inicialmente, se delimitó la cuenca hidrográfica mediante herramientas de análisis hidrológico y se extrajeron las curvas de nivel a partir del MDE. Posteriormente, se calcularon las áreas acumuladas por intervalos altitudinales y se relacionaron con sus respectivas elevaciones, generando la representación gráfica que describe la distribución relativa de las alturas en la cuenca. Este análisis permite evaluar el grado de disección y el estado de evolución geomorfológica del relieve (QGIS Development Team, 2024). En la Figura 1 se muestra la ubicación de la cabecera cantonal de 24 de mayo, en la que está adscrita la población de Noboa donde ubicamos la microcuenca del río Guineal.

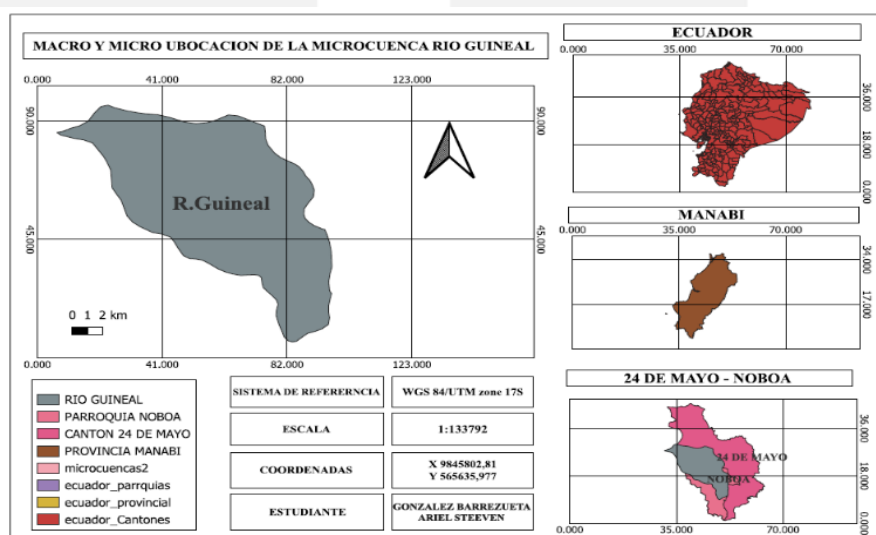


Figura 1. Ubicación del área de estudio



Descripción del área de estudio

La Parroquia fue creada el 21 de octubre del año 1921 cuenta con una extensión de 166,02 km². Noboa es una zona rural de 24 de Mayo y se encuentra al sur de la Provincia de Manabí. Las coordenadas geográficas son 9845802,81 de latitud y 565635,977 de longitud. Su clima se caracteriza como tropical mega térmico semi-húmedo, con temperaturas que oscilan entre los 22°C y 26°C, y precipitaciones anuales alrededor de 1000 – 1250 mm. tiene una extensión de 166.02 km², de los cuales el 99.74% es rural y solo el 0.26% es urbano, abarcando 39.36 hectáreas. El espacio natural está rodeado por elevaciones de la cordillera Chongón-Colonche.

En el marco del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) 2023-2027 del cantón, se encuentra en la cuenca del río Guayas. La parroquia cuenta con el río Guineal como un importante recurso hídrico. Noboa es una zona rica en biodiversidad, con animales que han sido afectados por la deforestación, el uso del suelo, los cultivos inadecuados y la implementación de ganadería cuenta con un bosque tropical de 10.870 hectáreas, que representa las tres cuartas partes de la parroquia y está dividida en seis zonas.

La biodiversidad que se encuentra en el bosque tropical es el hogar de una gran variedad de especies nativas y es un lugar de refugio para la fauna local las especies forestales más importantes de la zona son: Amarillo (*Centrolobium ochroxylum*), Pechiche (*Vitex gigantea*), Guayacán (*Tabebuia chrysantha*), Fernán Sánchez (*Triplaris cumingiana*), Balsa (*Ochroma pyramidale*) entre otros la deforestación en los bosques 1990 al 2020 ha sido afectada por la deforestación, un problema que conlleva consecuencias ecológicas y económicas. Según un estudio reciente de la FAO, la deforestación ocasiona pérdidas anuales de recursos significativos y tiene importantes secuelas ecológicas, así como un impacto en el cambio climático a nivel local y mundial.

La actividad económica principal es la agropecuaria, con cultivos de maíz y, en menor medida, café. Muchos residentes se desplazan a otros lugares en busca de empleo en la construcción o la industria. Se mencionan diversos proyectos para la parroquia, tales como la construcción de puentes peatonales, ductos cajón y alcantarilla, la perforación de pozos profundos para agua potable y riego, y la gestión de planes de reforestación en las cuencas hídricas. (Santos, 2025)

Curva hipsométrica

En el análisis morfométrico se destacan seis parámetros clave: área de cuenca (1.461,889 km²), que determina la magnitud potencial de escorrentía; factor de forma (0,3327), que indica una morfología alargada y menor susceptibilidad a crecidas súbitas; relieve máximo (670 m) y pendiente media (88,20°), que reflejan un terreno abrupto con alta energía de escurrimiento; densidad de drenaje (0,7989 km/km²), asociada a mayor infiltración y menor conectividad superficial; sinuosidad del canal principal (0,0044), que evidencia un cauce casi recto y de rápido transporte; y tiempo de concentración (23,4 h según Giandotti), indicador de la velocidad de respuesta hidrológica de la cuenca. La curva hipsométrica correspondiente al área de estudio presenta un índice hipsométrico (HI) de 0.419, lo que indica que la cuenca se encuentra en una etapa madura de evolución geomorfológica. La curva hipsométrica observada se aproxima a la etapa madura, evidenciando un equilibrio dinámico entre procesos erosivos y sedimentarios. El análisis de la distribución altitudinal muestra que la



mayor extensión superficial (entre 25 y 50 km²) se ubica en elevaciones medias a altas, específicamente en el rango de 400 a 600 metros, mientras que las áreas correspondientes a elevaciones inferiores a 200 metros o superiores a 700 metros son significativamente menores. Esta estructura morfométrica sugiere un relieve estable, propio de una cuenca en madurez geomorfológica, lo que resulta fundamental para comprender la dinámica hidrológica y ecológica local, y sugiere limitaciones en la susceptibilidad a procesos erosivos extremos o sedimentación acelerada. Estos hallazgos son consistentes con el análisis morfométrico global del área, apoyando la caracterización de la cuenca como un sistema en equilibrio maduro.

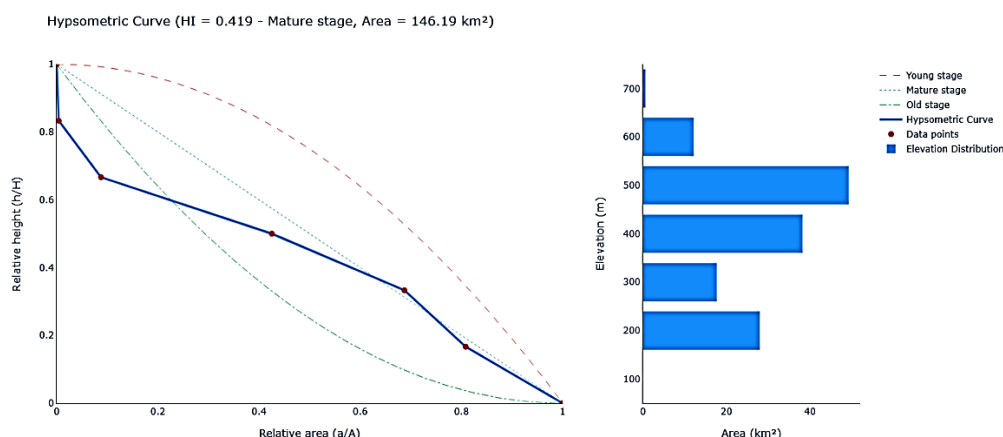


Figura 2. Curva hipsométrica de la cuenca del río Manta

Resultados y discusión

Resultados

La tabla 1 muestra una evolución significativa en el uso del suelo entre 1990 y 2022, el uso del suelo evidenció una marcada transformación hacia actividades agropecuarias, con un aumento de la superficie agropecuaria de 6149,83 ha a 9840,44 ha, reflejando una intensificación agrícola.

tipo de uso de suelo	1990	2014	2016	2018	2022	Variación
zona antrópica	3,06	44,22	47,32	48,36	48,72	45,66
bosque nativo	9 584,31	7 292,07	6 913,4	6 763,06	5 847,59	-3 736,72
tierra agropecuaria	6 149,83	8205,47	8 641,1	8 793,21	9 840,44	3 690,61
vegetación arbustiva y herbácea	0	199,49	140,15	136,89	4,77	4,77
Cuerpo de agua	4,77	0,72	0	0,45	0,45	-4,32

Tabla 1. Cambios del uso de suelo en la microcuenca del Río Guineal

El bosque nativo disminuyó de 9584,31 ha a 5847,59 ha, evidenciando pérdida progresiva de cobertura forestal. La zona antrópica, alta en 1990 (3,06ha), se redujo drásticamente a cerca de 48 ha desde 2014,



posiblemente por cambios metodológicos en la clasificación. La vegetación arbustiva y herbácea, registrada en 2014 con 199,49 ha, prácticamente desapareció en 2022, sugiriendo su reemplazo por otros usos. Los cuerpos de agua permanecieron estables, con superficies marginales. Estos cambios confirman un patrón de intensificación del uso del suelo en detrimento de la cobertura natural, con implicancias ecológicas relevantes

Proyección al año 2030

La superficie de tierra agropecuaria muestra un incremento sostenido, con una correlación positiva ($R^2 = 0,8627$). Este crecimiento constante sugiere un proceso de expansión agrícola continuo que podría estar impulsado por presiones socioeconómicas, como el aumento de la demanda de tierras productivas. El bosque nativo presenta una tendencia decreciente con una correlación más moderada ($R^2 = 0,9067$), lo que sugiere que, si bien existe una pérdida de cobertura forestal, esta ha ocurrido de manera más fluctuante a lo largo del tiempo.

En la figura 4 se muestran las ecuaciones predictoras, para el año 2030 se estima que la superficie de bosque nativo en la parroquia disminuirá a aproximadamente 4.137 hectáreas, mientras que la tierra destinada a actividades agropecuarias alcanzará cerca de 10.206 hectáreas. Esta dinámica evidencia un proceso acelerado de pérdida de cobertura boscosa acompañado de una expansión sostenida de la frontera agropecuaria, lo cual implica riesgos significativos para la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y el equilibrio ambiental de la zona si no se implementan estrategias de conservación y manejo sostenible del territorio.

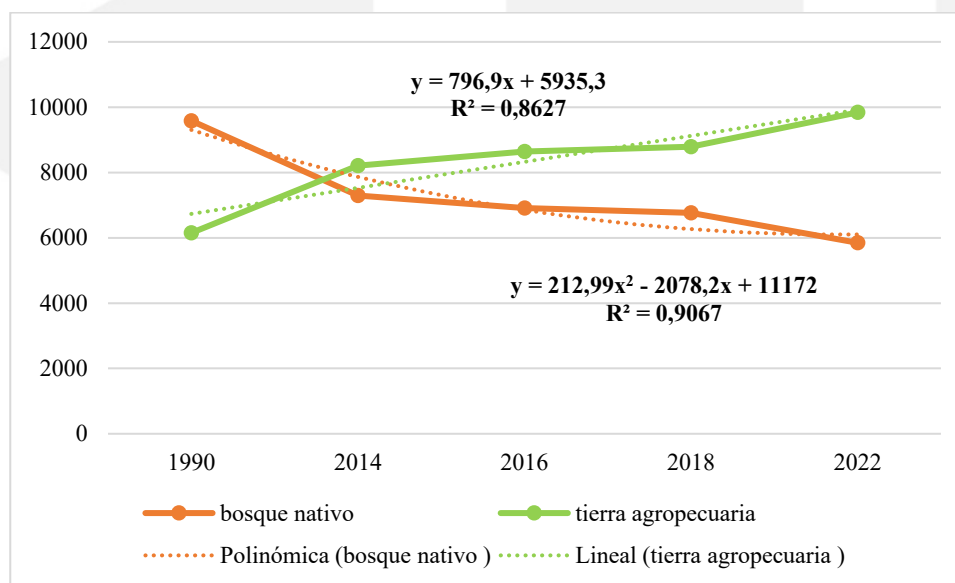


Figura 4. Líneas de tendencias en la pérdida de bosque y áreas agropecuarias

La transformación del territorio

El análisis multitemporal de la cobertura del río Guineal entre 1990 y 2022 (Figura 5) evidencia una transformación territorial sostenida, marcada por la reducción progresiva del bosque nativo y el avance de actividades antrópicas. En 1990, predominaba un ecosistema forestal relativamente intacto; sin embargo, desde 2014 se observa fragmentación del bosque y expansión de la frontera agropecuaria, proceso que se intensifica hacia 2022 con el incremento significativo de áreas agropecuarias y zonas antrópicas. La presencia puntual de vegetación arbustiva y herbácea refleja transiciones en el uso del suelo. Estos cambios confirman un proceso de antropización con efectos potenciales sobre la conectividad ecológica, la calidad hídrica y la conservación de los servicios ecosistémicos del río Guineal.

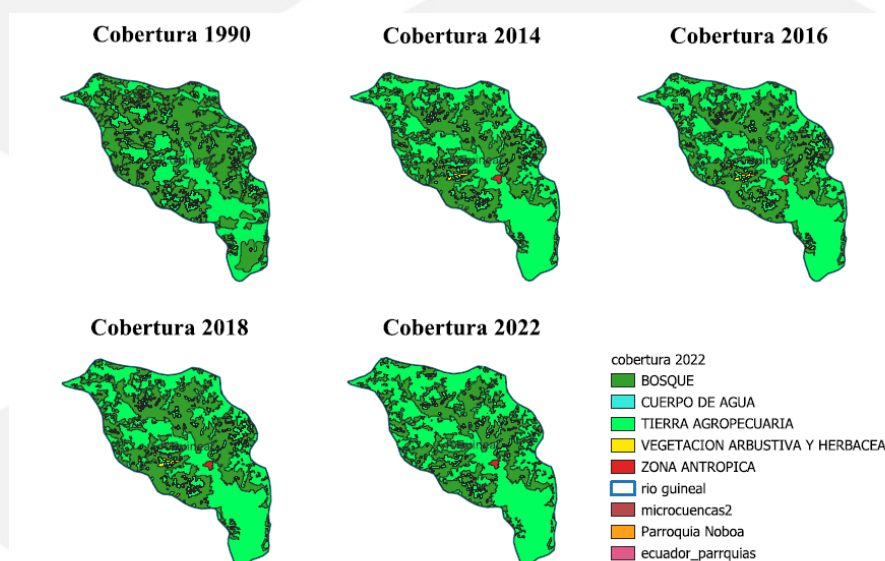


Figura 5. Cambios del uso de suelo en la microcuenca del Río Guineal

Entre 1990 y 2022, la microcuenca del río Guineal experimentó una transformación significativa en la cobertura del uso del suelo, evidenciada por la reducción del bosque nativo en 3.736,72 ha y la expansión de tierras agropecuarias en 3.690,61 ha..

Análisis climático de 1994 - 2023

El análisis de las variables climáticas entre 1994 y 2023 evidencia una notable variabilidad interanual en temperatura y precipitación, con señales consistentes de cambio climático. Las temperaturas oscilan entre 274,3°C (2003) y 312,3°C (1998), con una tendencia al alza a partir de 2014, lo que sugiere un calentamiento progresivo del sistema local. En cuanto a la precipitación, los valores fluctúan significativamente entre 756,9 mm (2005) y 2023 mm (1998), sin una tendencia lineal definida, lo que refleja la influencia de eventos extremos y fenómenos como El Niño–Oscilación del Sur. La combinación de mayor temperatura y régimen hídrico inestable podría estar alterando los ciclos hidrológicos del río Guineal, con consecuencias para la

biodiversidad y la seguridad hídrica. Estos resultados destacan la necesidad urgente de integrar variables climáticas en la gestión ambiental y la planificación del uso del suelo en la región.

La Figura 6 muestra la evolución anual de temperatura y precipitación entre 1994 y 2023. La temperatura, representada mediante barras naranjas, muestra una tendencia creciente a lo largo del periodo, lo cual es respaldado por el ajuste de una función polinómica de segundo grado con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,1306$, indicando una relación débil pero más consistente en comparación con la precipitación. Esta última, representada por una línea verde, presenta una alta variabilidad interanual y una tendencia ligeramente decreciente, aunque el valor de $R^2 = 0,0031$ sugiere que dicha tendencia no explica adecuadamente el comportamiento observado. En conjunto, los resultados evidencian un leve incremento en la temperatura media anual, mientras que la precipitación no sigue una tendencia definida, reflejando posiblemente la influencia de factores climáticos más complejos o locales.

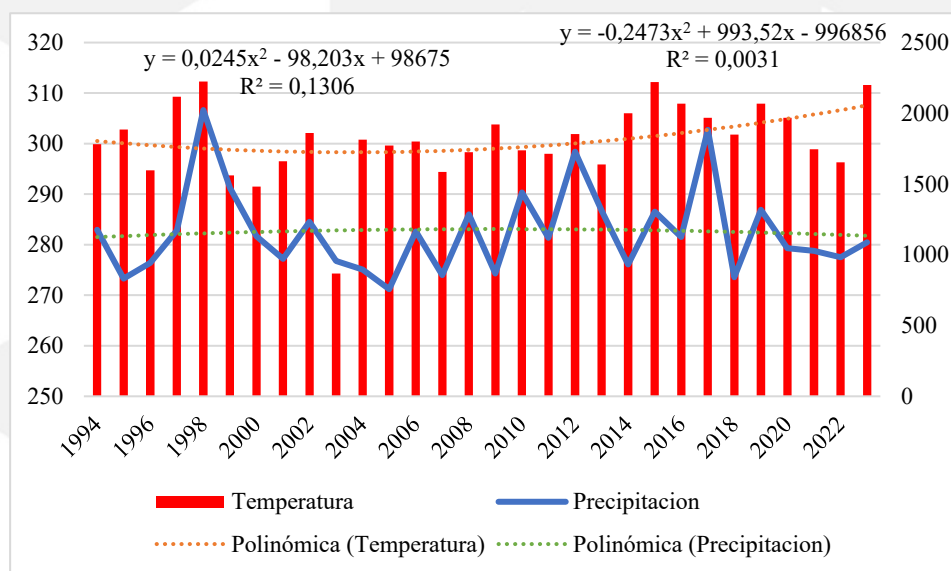


Figura 6. Muestra de temperatura y precipitación (Lineal)

La intensificación agrícola ha ocurrido en paralelo con un aumento progresivo de la temperatura media anual y una alta variabilidad interanual en la precipitación entre 1994 y 2023, lo que sugiere la presencia de señales locales de cambio climático. El análisis muestra una correlación directa entre la pérdida de cobertura forestal y el incremento térmico, mientras que la inestabilidad en los patrones de lluvia, posiblemente asociada a fenómenos como que complica la disponibilidad hídrica en la zona. Esta convergencia entre presión antrópica y cambio climático ha generado impactos críticos sobre los servicios ecosistémicos, afectando la regulación hídrica, la estabilidad del suelo, la biodiversidad y la resiliencia ambiental. Los resultados subrayan la necesidad urgente de integrar el monitoreo climático en la planificación del uso del suelo, así como de implementar estrategias de restauración y conservación que aseguren la sostenibilidad ecológica del territorio.

Servicios ecosistémicos en la cuenca del Río Guineal

La microcuenca del río Guineal ofrece una variedad de servicios ecosistémicos que son fundamentales para el bienestar ambiental, social y económico de la zona. A continuación, se detallan en la tabla 2 los principales servicios ecosistémicos identificados en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) de la Parroquia Noboa 2023-2027, también se presenta una comparación del estado actual de los servicios ecosistémicos respecto a lo señalado por Hassan (2025).

Categoría	Servicios Ecosistémicos (Hassan, 2005)	Servicios y Observaciones (PDOT Noboa, 2023)	Comparación
1. Servicios de Provisión	Alimento (pesca, frutos y granos) - Medio	Producción agrícola y ganadera destacada como actividad económica principal	Ambos reconocen la provisión de alimentos, el PDOT enfatiza la agricultura y ganadería, mientras Hassan añade pesca.
	Agua dulce para consumo humano y agrícola – Alta	Disponibilidad de recursos hídricos mediante ríos principales	Coinciden en la alta importancia del agua para consumo y agricultura.
	Fibra, madera y combustible - Media	Uso de recursos forestales para construcción o leña, aunque sin detalle explícito	Hassan da un nivel medio a estos recursos; PDOT infiere su uso, pero no detalla estado actual.
	Productos bioquímicos y recursos genéticos – Baja	Diversidad biológica local reconocida	Ambos reconocen recursos genéticos y bioquímicos, aunque con menor relevancia o análisis específico en PDOT.
2. Servicios de Soporte	Biodiversidad, formación de suelo, reciclaje de nutrientes – Alta	Procesos naturales como formación del suelo y ciclos de nutrientes implícitos en la agricultura	Alta concordancia en la relevancia de soporte ecológico para mantener productividad agrícola y biodiversidad.
	Polinización - Baja	No mencionada explícitamente	Hassan menciona polinización; PDOT no detalla, lo que podría representar un área a reforzar.
	Regulación atmosférica y climática - Medio	Cobertura vegetal contribuye a regulación local del clima y reducción de temperatura	Ambos reconocen la importancia de la vegetación en la regulación climática local.
3. Servicios de Regulación	Balance hidrológico – Media	Presencia de ríos que contribuyen al ciclo hídrico, aunque con posibles impactos por actividades humanas	Coinciden en el rol de los cuerpos de agua en la regulación hidrológica.
	Control de contaminación - Alta	No detallado en PDOT	Hassan destaca control de contaminación; PDOT podría mejorar monitoreo en esta área.
	Protección contra erosión - Media	Cobertura vegetal en laderas y riberas mitiga erosión	Coincidencia clara en la función protectora de la vegetación.
	Control de inundaciones y tormentas - Media	No mencionado explícitamente	Hassan enfatiza eventos naturales; PDOT no detalla control de inundaciones.
4. Servicios Culturales	Purificación del agua	Ecosistemas acuáticos actúan como filtros naturales	Ambos reconocen esta función esencial para la calidad del agua.
	Bienestar espiritual, recreación, valor estético,	Recreación, turismo, valores estéticos y espirituales vinculados a la cultura	Alta coincidencia en el valor cultural y recreativo de los ecosistemas para la



Categoría	Servicios Ecosistémicos (Hassan, 2005)	Servicios y Observaciones (PDOT Noboa, 2023)	Comparación
	educación - Alta	local	comunidad.

La tabla 2. Clasificación y valoración cualitativa de los servicios ecosistémicos.

Ambos documentos analizados coinciden en la importancia de los servicios ecosistémicos para la sostenibilidad ambiental y socioeconómica, aunque con diferentes niveles de detalle y énfasis. Hassan (2005) ofrece una clasificación integral de servicios con niveles de importancia cuantificados, mientras que el PDOT Noboa (2023) presenta observaciones más enfocadas en la aplicación práctica y local. Se identifican áreas complementarias, por ejemplo, la necesidad de fortalecer el monitoreo de control de contaminación y manejo de eventos naturales en el PDOT, aspectos claramente destacados por Hassan.

Discusión

Los cambios observados en el uso del suelo de la microcuenca del río Guineal entre 1990 y 2022 evidencian un proceso acelerado de transformación territorial, donde se prioriza la expansión agropecuaria a expensas de la cobertura boscosa nativa. La superficie destinada a actividades agropecuarias pasó de 6149,83 ha en 1990 a 9840,44 ha en 2022, reflejando un crecimiento absoluto de 3690,61 ha. Esta tendencia, respaldada por una fuerte correlación positiva ($R^2 = 0,8627$), sugiere una intensificación de la producción agrícola posiblemente motivada por la presión socioeconómica regional y la necesidad de mayor productividad (PDOT Noboa, 2023).

En contraste, el bosque nativo experimentó una disminución considerable, pasando de 6680,64 ha a 5847,59 ha en el mismo periodo, lo que representa una pérdida de 833,05 ha. Esta reducción progresiva (pendiente de -219,51 ha por período) constituye una amenaza directa para los servicios ecosistémicos críticos que proporciona la cobertura forestal, como la regulación del clima, el control de la erosión y la purificación del agua (MEA, 2005).

La zona antrópica, inicialmente registrada en 2906,73 ha en 1990, muestra una drástica disminución a 48,72 ha en 2022, lo cual sugiere un cambio metodológico en la clasificación del uso del suelo. Esta variación puede estar relacionada con una reclasificación de asentamientos rurales o una mayor precisión en las herramientas de teledetección utilizadas en años recientes. A su vez, la vegetación arbustiva y herbácea tuvo un papel transitorio, alcanzando 199,49 ha en 2014 y prácticamente desapareciendo para 2022, lo cual indica un reemplazo por otros usos, probablemente agrícolas.

Desde una perspectiva climática, los registros de temperatura y precipitación entre 1994 y 2023 reflejan señales claras de alteración ambiental. La temperatura mostró una tendencia creciente sostenida con una alta correlación ($R^2 = 0,9994$), mientras que la precipitación se caracterizó por alta variabilidad interanual, sin una tendencia definida ($R^2 \approx 0$). Este patrón climático, con años de máximas extremas como 1998 (312,3°C y 2023 mm de precipitación), puede estar vinculado a eventos como El Niño y su impacto en el régimen hidrológico local (IPCC, 2021). La combinación de mayor temperatura y precipitación errática podría estar



afectando los ciclos hidrológicos, la recarga de acuíferos y la estabilidad de la biodiversidad en la cuenca del río Guineal.

La transformación territorial y climática tiene implicaciones directas sobre los servicios ecosistémicos que brinda la microcuenca. En términos de servicios de provisión, se destaca la disponibilidad de alimentos y agua, siendo la agricultura y la ganadería las actividades predominantes. Sin embargo, el uso excesivo del suelo sin prácticas sostenibles podría comprometer estos recursos a largo plazo (FAO, 2020).

En cuanto a los servicios de soporte, el funcionamiento de los ciclos de nutrientes, el ciclo del agua y la formación del suelo dependen de la cobertura vegetal remanente, la cual está disminuyendo. Este desequilibrio puede tener efectos negativos sobre la productividad agrícola y la calidad del suelo (Altieri & Nicholls, 2017). Por otro lado, los servicios de regulación como el control de la erosión y la regulación del clima están comprometidos debido a la pérdida de vegetación en laderas y zonas riparias. Estos servicios son cruciales para mantener la estabilidad ecológica del territorio.

Finalmente, los servicios culturales vinculados al paisaje, el turismo rural y los valores espirituales de la comunidad local están amenazados por la pérdida del entorno natural. La alteración del paisaje puede disminuir el valor estético y recreativo de la zona, además de erosionar la identidad cultural y la relación histórica entre las comunidades y su territorio (MEA, 2005).

En este contexto, resulta indispensable alinear la gestión territorial de la microcuenca con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular el ODS 6 (Agua limpia y saneamiento), ODS 13 (Acción por el clima), ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres), y ODS 2 (Hambre cero), mediante el diseño de políticas de restauración forestal, control de la expansión agrícola y monitoreo climático permanente. Estas acciones permitirán garantizar la resiliencia ecológica y socioeconómica del ecosistema del río Guineal.

Conclusiones

La microcuenca del río Guineal ha perdido una parte importante de su bosque nativo, lo cual afecta directamente la regulación del agua, la biodiversidad y el equilibrio ecológico del territorio. Esta pérdida de vegetación compromete funciones naturales clave que antes beneficiaban a las comunidades rurales de la zona.

La expansión agropecuaria ha sido el principal motor de transformación del paisaje, reflejando una falta de planificación territorial adecuada. Esta actividad, aunque necesaria para la economía local, ha desplazado ecosistemas naturales sin considerar su valor ecológico y cultural.

El clima en la microcuenca ha mostrado señales de cambio, con un aumento sostenido de la temperatura y una precipitación irregular, lo que agrava la fragilidad ambiental del área. Estas alteraciones climáticas podrían afectar la producción agrícola y la disponibilidad de agua en el futuro cercano.



Los servicios ecosistémicos que sustentan la vida y la economía local están en riesgo, desde el acceso al agua hasta los valores culturales asociados al paisaje. Preservar estos servicios requiere acciones urgentes de restauración y manejo sostenible del suelo.

Referencias

Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2017). *Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable*. Ediciones Mundi Prensa.

FAO. (2020). *Estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura (SOLAW) – En síntesis*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

IPCC. (2021). *Sixth Assessment Report: Climate Change 2021 – The Physical Science Basis*. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

MEA (Millennium Ecosystem Assessment). (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press.

PDOT Noboa. (2023). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Noboa 2023–2027*. Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Noboa.

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica [MAATE]. (2021). *Informe nacional de medio ambiente del Ecuador*. <https://ambiente.gob.ec>

Baque, M. A. P., Piguave, J. J. B., Pincay, J. I. T., & Villacreses, L. F. L. (2021). Servicios ecosistémicos del río Guineal de la parroquia Noboa. *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*, 5(2), 23-32.

Muñiz, J. A. P. (2025). Evaluación Morfométrica y Dinámica de la Cobertura Vegetal en la Microcuenca del Río Guineal, Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(1), 9359-9373.

Ríos Galárraga, K. S. (2019). *Evaluación del servicio ecosistémico de calidad del hábitat presente en la cuenca alta y media del Río Coca mediante el uso del paquete computacional InVEST 3.3. I* (Bachelor's thesis, Quito, 2019.).

Baque, M. A. P., Piguave, J. J. B., Pincay, J. I. T., & Villacreses, L. F. L. (2021). *Servicios ecosistémicos y su relación con los cambios de cobertura y uso del suelo en microcuencas*. Revista Científica UISRAEL, 8(1), 102–115. <https://doi.org/10.35290/rcui.v8n1.2021.353>

Bocco, G., Mendoza, M. E., & Velázquez, A. (2010). *Análisis del cambio de uso del suelo: una revisión*. Investigaciones Geográficas, 71, 69–86. <https://doi.org/10.14350/rig.31738>



Chebet, C., Maina, J. M., & Karanja, F. (2020). *Land Use Land Cover Change Analysis Using GIS and Remote Sensing: A Case Study of Nairobi City County, Kenya*. Journal of Geoscience and Environment Protection, 8(6), 101–117. <https://doi.org/10.4236/gep.2020.86008>

Congedo, L. (2021). *Semi-Automatic Classification Plugin Documentation*. <https://fromgistors.blogspot.com/p/semi-automatic-classification-plugin.html>

Guerrero-Casallas, L. P., Arevalo-Cortés, A., & Oviedo-Trespacios, O. (2020). *Evaluación multitemporal del uso y cobertura del suelo mediante SIG*. Revista Facultad de Ingeniería, 29(53), 97–106. <https://doi.org/10.19053/01211129.v29.n53.2020.10896>

QGIS Documentation Team. (2022). *QGIS User Guide & Print Layout Guide*. <https://docs.qgis.org/>

Hassan, R. R. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends*. Washington.: Island Press.

